

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ –
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko-geologická fakulta

Institut environmentální inženýrství

Možnosti získávání grafitu a jeho využití

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autor:

Zuzana Adamcová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jaroslav Závada, Ph.D.

Prohlášení

Celou bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

Byla jsem seznámena s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě 30. 4. 2009

Zuzana Adamcová

Anotace

Bakalářská práce na téma „Možnosti získávání grafitu a jeho využití“ je rozdělena do šesti základních kapitol. V první kapitole jsou uvedeny fyzikální a chemické vlastnosti grafitu. Druhá kapitola se zabývá metodou získávání grafitu v moderních technologiích. Třetí kapitola uvádí použití grafitu v průmyslu. Čtvrtá kapitola zobrazuje těžbu grafitu. Pátá kapitola uvádí nanomateriály na bázi uhlíku. Poslední kapitola je zaměřena na recyklaci grafitu a možnosti jeho náhrady.

Klíčová slova: grafit, uhlík, nanomateriály, nanotrubky, nanostroje, nanovlákna, nanopěna.

Summary

Bachelor's thesis „The possibility of graphite obtaining and his utilization“ is divided into six chapters. The first chapter provides physical and chemical properties of graphite. The second chapter deals with process getting of graphite in modern technologies. The third chapter shows using of graphite in industry. The fourth chapter display mining of graphite. The fifth chapter shows features nanomaterials on base of graphite. The last charter is specialized on recycling of graphite and possibilities his compensation.

Keywords: graphite, carbon, nanomaterials, nanotubes, nanoengine, nanofibers, nanofoam.

1. ÚVOD	1
2. CÍL PRÁCE	1
3. UHLÍK JAKO PRVEK	1
3.1. Diamant.....	2
3.2. Grafit	2
3.2.2. Základní charakteristické vlastnosti	3
3.2.3. Využití grafitu	3
3.2.4. Dobývání grafitu	4
3.2.5. Syntetický grafit	4
4. METODY ZÍSKÁVÁNÍ GRAFITU V MODERNÍCH TECHNOLOGIÍCH	5
4.1. Pyrolýza, karbonizace, koksování	5
4.2. Mezifáze	6
4.3. Grafitace	6
5. POUŽITÍ GRAFITU V PRŮMYSLU	7
5.1. Metalurgický průmysl.....	8
5.2. Elektrotechnický průmysl	9
5.3. Mazací technika	10
5.4. Tužkárenský průmysl.....	11
5.4.1. Výroba tužek	11
5.5. Jaderná energetika.....	12
5.6. Ostatní druhy použití grafitu	13
6. TĚŽBA GRAFITU	14
6.1. Historie těžby	14
6.2. Současnost těžby u nás a ve světě	16
6.2.1. Naleziště grafitu v Česku a ve světě	16
7. NANOMETARIÁLY NA BÁZI UHLÍKU	18
7.1. Mezníky v dějinách nanotechnologie.....	19
7.2. Grafitové nanotrubky a nanostroje.....	21
7.3. Grafitová nanovláknna	22
7.4. Nanopěna	23
8. RECYKLACE GRAFITU A MOŽNOSTI NÁHRADY	25
9. ZÁVĚR.....	26
10. SEZNAM LITERATURY.....	27

1. Úvod

Nerost, který dnes známe pod jménem tuha nebo grafit, byl dříve označován různými jmény jako například olůvko, molybden či plumbago. Nelze s přesností určit, kdy člověk poprvé použil přírodní grafit, ale předpokládá se, že to bylo tehdy, když primitivní lidé poznali, že se jím dá kreslit. S jistotou lze říci, že v době železné, tedy asi v letech 800 až 500 před n. l., sloužil přírodní grafit při výrobě nádob. O průmyslovém využití grafitu na území ČSSR pocházejí první záznamy ze šedesátých let 18. století. Těžba grafitu se dále rozvíjela hlavně pro jeho stále rostoucí spotřebu v tužkárnách a slévárnách. Těžba přírodního grafitu však nestačila pro všechny účely a koncem 19. století se objevil uměle vyráběný grafit. V poslední době je stále více pozornosti věnováno tzv. uhlíkovým nanomateriálům jako například nanotrubičkám, které jsou součástí sazí vznikajících při výbojích mezi grafitovými elektrodami. Lze očekávat, že tyto materiály najdou další oblasti použití. K rozvoji dochází také ve vědě, která představuje oblast zabývající se přípravou materiálů a zařízení na atomární úrovni – nanotechnologii.

2. Cíl práce

Bakalářská práce je zaměřena na základní vlastnosti grafitu a jeho dobývání. Dále pojednává o získávání grafitu v moderních technologiích, jeho těžbě a využití v průmyslu. Jsou zde také uvedeny stále se rozvíjející nanomateriály na bázi uhlíku jako například nanotrubky a nanostroje, nanovlákná a nanopěny.

3. Uhlík jako prvek

Uhlík je šestý prvek periodické tabulky, je neprůhledný, černý, měkký materiál. Má atomovou hmotnost 6 a hustotu 1–2,3 g/cm³. V zemské kůře je zastoupen pouze jedním promile, přesto hraje v přírodě velmi důležitou úlohu. Uhlík se chová jako typický nekov.

Uhlík je hlavní součástí živé hmoty, protože tvoří základ všech molekul, ze kterých je složena. Díky své schopnosti tvořit velké množství rozmanitých molekul se stal biogenním prvkem. Počet syntetických nebo přírodních sloučenin dosahuje až jednoho milionu a neustále se syntetizují další sloučeniny.

V přírodě se uhlík vyskytuje ve formě sloučenin, hlavně v karbonátových horninách, ve vzduchu jako oxid uhličitý, jako uhlí, přírodní plyn, ropa a také v ryzím stavu jako diamant a grafit [4].

3.1. Diamant

Diamant je nejtvrdší přírodní minerál a třetí nejtvrdší látka. Jedná se o krystalickou formu uhlíku. V diamantu je každý atom uhlíku propojen silnými kovalentními vazbami. Atomy zaujímají střed a vrchol tetraedru. Díky této struktuře má vysokou specifickou hmotnost ($3,5 \text{ g.cm}^{-3}$), je neobyčejně tvrdý a málo reaktivní. Vzniká v zemské kůře za vysokých teplot a tlaků v ultrabazických vyvřelinách - kimberlitech.



Obrázek č. 1: Diamant [8]

Nejznámější je využití diamantů ve šperkařství (viz obrázek č. 1). Velmi významné je využití diamantů v průmyslu. Vyrábějí se z nich řezné a vrtné nástroje [4].

3.2. Grafit

Grafit tvoří pigment ve vápencích a jílovitých břidlicích. Grafitová ložiska vznikají při přeměně usazených hornin ze zbytků organických látek a tvoří vrstvy nebo čočkovitá tělesa v rulách, svorech, xylitech nebo mramorech. V pegmatitech je grafit magmatického původu. Grafit je pravděpodobně pevná látka s nejvyšší anizotropií. Uhlík je také nejžáruvzdornější prvek. Při dostatečném tlaku dochází k jeho tání až při $3\,800^\circ\text{C}$. Dále je grafit dobrý tepelný vodič. Elektrická vodivost grafitu je blízká vodivosti polokovů [4].



Obrázek č. 2: Grafit [8]

3.2.2. Základní charakteristické vlastnosti

Grafit je tvořen uhlíkem s příměsemi vodíku, dusíku, oxidu uhličitého, methanu, oxidu křemičitého aj.

V kyselinách nerozpustný, reaguje pouze s kyselinou dusičnou při povaření (chemické vlastnosti).

Grafit píše po papíře a otírá se o prsty (má tvrdost 1). Na omak mastný, hustota 2,1 - 2,3 g/cm³ (kolísá vlivem přímíšenin). Štěpnost grafitu je dokonalá podle 0001 a lom (nerovný fyzikální vlastnosti). [4]

3.2.3. Využití grafitu

Využití grafitu je díky vlastnostem velmi široké. Z běžných předmětů ho nalezneme například v tužkách. Dále jej můžeme nalézt jako součást elektromotorů různých domácích spotřebičů jako jsou mixéry, automatické pračky, vysavače aj.

V jaderných reaktorech se využívají grafitové tyče pro řízení reakcí. V metalurgickém průmyslu se z grafitu vyrábějí tavicí kelímky a to díky jeho značné tepelné odolnosti. Elektrody pro elektrolytickou výrobu hliníku nebo křemíku a elektrody do obloukových pecí na výrobu ocele se vyrábějí také z grafitu. Grafit slouží také jako součást suchých i olejových maziv (grafitová vazelína). [4]

3.2.4. Dobývání grafitu

Grafitová ložiska vyskytující se v zemské kůře mají různé přírodní a úložní podmínky a rozmanitý tvar. Většinou jsou uložena v podobě čoček, slojí a žil. Různorodé uložení podmiňuje i volbu různých metod dobývání (povrchové, hlubinné). Kromě toho závisí způsob dobývání i na požadavku úpravny, aby rubanina byla co nejméně znečištěna hlušinami, které nejenže zhoršují jakost vsázky, ale někdy ztěžují i další úpravu. [2]

3.2.5. Syntetický grafit

Syntetický grafit lze získat rozkladem některých kovových karbidů, anebo srážením uhlíku rozpuštěného v roztaveném kovu nebo slitině, jako je železo nebo fosforilicium. V takovém případě získáme lupínky grafitu, nazývané Kish-grafit, jejichž velikost je velmi blízká velikosti lupínků přírodního grafitu.

Průmyslově je syntetický polykrystalický grafit vyráběn teplotním procesem za vysoké teploty (přibližně 3000°C) z grafitovatelných uhlíkatých sloučenin. [2]

4. Metody získávání grafitu v moderních technologiích

Pyrolýza a grafitace představují dvě zásadní stadia výroby uhlíkových materiálů. Podmiňují strukturu a texturu materiálu, a tím i jeho vlastnosti. Další text je věnován právě těmto procesům.

4.1. Pyrolýza, karbonizace, koksování

Pyrolýza organických sloučenin, jejímž výsledkem je uhlíkové reziduum, tzn. zůstatek s významným obsahem uhlíku, může probíhat dvěma různými způsoby. První způsob je postupným nárůstem teploty až k teplotě přibližně 1000 °C a tento proces se nazývá nízkoteplotní a probíhá při koksování nebo během karbonizace. Způsob druhý je přímým zpracováním za vysoké teploty nad 1000 °C (získávání uhlíkových černí a pyrolitického uhlíku).

Jevy, ke kterým dochází v průběhu nízkoteplotního procesu:

- rozbití vazeb na úrovni nejaktivnějších molekulárních bodů vede ke vzniku volných radikálů, takto uvolněné lehké molekuly jsou eliminovány ve formě těkavých látek
- volné radikály reagují mezi sebou a vedou k přechodným stabilním strukturám
- dochází k aromatizaci a polymeraci, tzn. k přeorganizování atomů uhlíku do hexagonálních cyklů jako v molekule benzenu, později k nárůstu molekulární hmotnosti kondenzací více molekul
- dochází k eliminaci vodíku (při teplotě 900 °C obsah atomů vodíku ve srovnání s obsahem atomů uhlíku není větší než 3 %).

Všechny uvedené reakce neprobíhají postupně, ale současně. Nedojde-li k měknutí a k přechodu kapalným stavem, zachováva si uhlík vzhled prekurzoru (tzn. výchozí látky). Takový uhlík je pak těžko grafitovatelný, což je případ celulózy, rayonu a termotvrditelných pryskyřic. Dojde-li k přechodu do kapalného stavu, je proces složitější, ale získaný uhlík je grafitovatelný. [3]

4.2. Mezifáze

Kapalný stav umožňuje vyšší mobilitu molekul. Kondenzované aromatické molekuly, které vznikají vzájemnou reakcí volných radikálů, se začnou shlukovat do planárních aromatických lamel. Nárůst molekulární hmotnosti povede ke vzájemnému přitahování lamel.

Lamely se uspořádají do paralelních vrstev a začnou vytvářet mikrosferule. Tyto sferule jsou ve skutečnosti značně anizotropní tekuté krystaly, které mohou být zobrazovány v polarizovaném světle. Tyto anizotropní sferule představují oddělenou fázi v izotropním kapalném prostředí, kde vznikly, a tato fáze je nazývána mezifází.

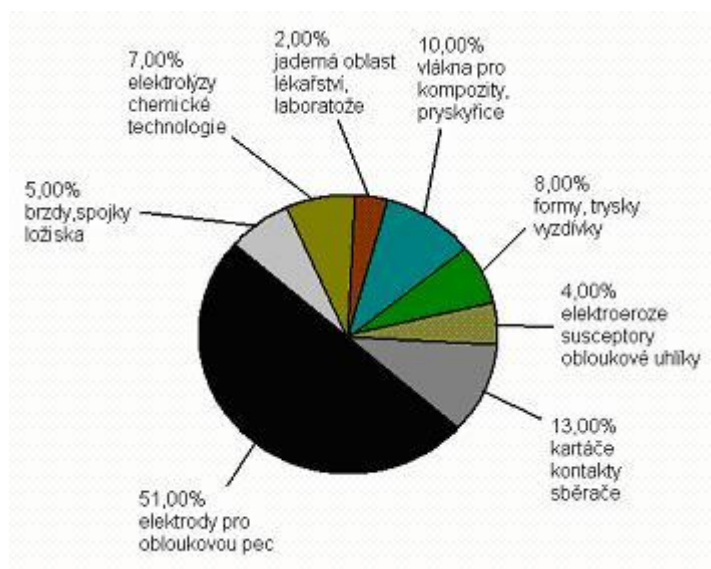
Mezifáze je též základem uhlíkových vláken s vysokým modulem pružnosti, vyráběných z dehtu a některých dalších uhlíkových materiálů, vyráběných bez použití pojidla. [3]

4.3. Grafitace

Tento termín znamená teplotní operaci zahřívání, vedoucí k vývoji vlastností uhlíkových materiálů. V aromatických lamelách vytvořených během pyrolýzy jsou již atomy uhlíku uspořádány do hexagonálního, opakujícího se motivu krystalu grafitu. Karbonizací nebo koksováním se tyto lamely přemění na uhlíkové lamely s hexagonálním motivem a stanou se součástí shluků, vedoucích k vytvoření krystalitů. Tyto krystality mají před grafitací délku jen několika setin nanometrů. V průběhu grafitace bude umožněna eliminace defektů a nárůst velikosti krystalitů. Tento vývoj lze zaznamenat v případě grafitovatelných uhlíkatých sloučenin od teploty 2000°C a je nejvýznamnější v oblasti teplot 2500 - 3000°C. Vývoj ke struktuře monokrystalu nebude dokonalý a velikost krystalitů bude omezena. Úroveň transformace bude záviset na dosažené teplotě a zejména na předchozí orientaci krystalitů, kterou získává uhlíkový materiál od počátku pyrolýzy. [3]

5. Použití grafitu v průmyslu

Znázornění rozložení obchodního obrátu pro různé funkční skupiny je znázorněno v obrázku číslo 3. Různé funkce materiálů a hlavní průmyslová odvětví, která je využívají, jsou uvedeny v tabulce číslo 1.



Obrázek č. 3: Uhlíkové materiály – jednotlivá použití (mimo anod pro výrobu hliníku) [3]

Tabulka č. 1: Oblasti použití uhlíkových materiálů

Třídy uvedené v grafu	Příklady funkcí	Oblast využití
Formy	Stlačování za horka	Prášková metalurgie
Trysky	Pohony	Balistické střely
Vyzdívky	Nístěj vysokých pecí	Výroba slitin
Elektroeroze	Opracování	Strojíněrství
Susceptory	Držák – vyhřívání	Průmysl polovodičů
Obloukové uhlíky	Světelný zdroj	Kinematografie
	Vypalování drážek	Fotosazba
		Lodní stavby

Tabulka č.1: Pokračování

Kartáče	Komutace	Elektrotechnika Elektrospotřebiče Automobily
Sběrače	Sběr proudu	Vlaková doprava Metro
Elektrody pro obloukové pece	Oblouk Tepelný zdroj	Výroba oceli Elektrometalurgie
Brzdy	Brzdění	Aeronautika
Spojky	Těsnění	Závodní automobily
Ložiska	Samomazné nosiče	Všechna průmyslová odvětví strojínerství
Elektrolýzy	Katody Anody	Výroba hliníku, manganu, sodíku
Chemická technologie	Katodická ochrana Tepelná výměna	Elektrochemie Zpracování ropy Chemická technologie
Jaderná oblast	Moderátor Ochrana	Jaderná energie Jaderná fúze
Lékařství	Protézy	Chirurgie
Laboratoře	Produkce RTG záření Spektrografe	Radiologie Průmysl, výzkum

5.1. Metalurgický průmysl

Velmi dobrých vlastností grafitu, jako jsou žáruvzdornost, tepelná vodivost a přilnavost vůči kovům, využívají metalurgické a slévárenské závody. V podstatě tu slouží grafit jako ochranný a dělicí prostředek mezi žíhavým, tekutým kovem a formou nebo jiným prostředím; v praxi pak to jsou grafitové tyglíky, vyzdívky nebo i pouhé nátěry.

Např. výroba tyglíků je velmi stará – již počátkem 15. století byly známy pasovské grafitové tyglíky na tavení. Tyto tygly se vyráběly ze směsi ohnivzdorné hlíny a grafitu

například v Pasově, odkud se později přenesla jejich výroba do Čech. V tavícím tyglíku má grafit zvyšovat jeho pevnost. K tomu pak dále přistupuje i jeho dobrá vodivost tepla – grafit tedy přenáší snadno teplo pece nebo vůbec nějakého tepelného zdroje na obsah tyglíku. Stupňuje zde také odolnost hlín proti tepelným výkyvům. Kromě uvedených vlastností má zde také ještě funkci chemickou – působí totiž redukčně na kovové oxidy vytvářející se v tyglíku, takže se nezačne tvořit struska. Podobné vlastnosti jako v tyglíku má grafit i v nátěrech. Zděné stružky pro odpich a vedení roztaveného železa i náradí a veškeré železné součásti přicházející do styku se surovým žhavým železem se natírají grafitem anebo smáčejí v husté směsi grafitu s vodou. Proto se také spodní díly a podstavy vysokých pecí vyzdívají někdy grafitovými cihlami, které umožňují i několikaletý provoz pecí. Často se mezi vrstvu z grafitových cihel a ocelový plášť vysoké pece dusá zvláštní grafitová směs, která zůstává stálá i při vysokých teplotách, ale svou plasticností umožňuje „dýchání“ pece. [2]

5.2. Elektrotechnický průmysl

Grafit patří k velmi dobrým vodičům elektrického proudu. Pro tuto vlastnost a dále i proto, že vzdoruje účinkům chemikálií a vysokým teplotám, používá se grafit v elektrotechnice ve značně širokém rozsahu. Vyrábějí se z něho např. elektrody pro elektrické pece, topné tyče a roury pro odporové pece, anody pro vodní elektrolyty, uhlíky pro obloukové světlo a světlomety, tyčinky pro obloukové svařování, pláště pro svařovací elektrody, spektrální uhlíky, kartáčky, uhlíkové kontakty, uhlíkové odpory, anody pro katodovou antikorozi ochranu, anody pro rtuťové usměrňovače, elektrody pro články aj.

Prvořadé místo zaujímá grafit ve výrobě elektrod pro elektrolytické operace ve vodním prostředí i v tavenině. Na elektrody se volí grafit co nejčistší, s minimálním obsahem nečistot. Kdyby se grafitové anody vyráběly ze surovin značně znečištěných, vzniklo by nebezpečí vylučování nečistot při elektrolytickém pochodu, a tím i znečišťování produktu elektrolyzy. Tvářením čistého grafitu se vyrábějí rovněž kelímky s velkou tepelnou vodivostí k tavení alumína nebo vzácných kovů.

Časté je i elektrické svařování uhlíkovými elektrodami. V laboratořích se uplatňují topné tyče a trubky z karbidu křemíku, které dosahují při jednoduché montáži a dlouhé životnosti teploty až 1400°C. Ve spektrografech slouží spektrální uhlíky jako elektrody nebo jako

nositelé analyzované látky. Jiné použití grafitu v elektrotechnice je ve výrobě kartáčů, kolektorů a prstenců. [2]

5.3. Mazací technika

Jako přísady mazadel se tuhy používají ve všech odvětvích průmyslové a hospodářské činnosti. Využívá se zde její vrstevnaté struktury, jež podmiňuje měkkost, snadný otěr a mastný omak. Při mazání je důležité, aby mazadlo vytvořilo mezi dvěma třecími se plochami film. Protože se stoupající teplotou klesá viskozita tekutého mazadla a tím i schopnost zatížení mazané součásti, je třeba používat suchých mazadel, tj. tuhy popřípadě i molybdenitu. Původně se mazalo přírodní tuhou v práškovité formě jen tam, kde použití tekutých mazadel nebylo možné, např. u dřevěných částí klouzajících po sobě. Přírodní grafit však obsahuje silikátové příměsi, které mají podobné fyzikální vlastnosti jako tuha a dají se proto mechanicky jen těžko odloučit, způsobují nežádoucí otěr hřídelí a ložisek. Proto se maže buď chemicky rafinovaným přírodním grafitem, nebo velmi čistým uměle vyrobeným elektrografitem, rozemletým na koloidní jemnost (velikosti řádově tisíce milimetru). Tato jemnost je důležitá pro vytvoření stabilní grafitové suspenze v oleji nebo v jiných kapalinách.

Grafitových mazadel se používá hlavně v tomto složení a k těmto účelům:

1. jako mazacích tuků – směsi tuků a vločkového grafitu
2. jako olejové suspenze koloidního grafitu
3. jako vodní suspenze koloidního grafitu
4. jako suspenze k mazání třecích ploch (u trolejí, kolejí, výhybek, průvlaků)
5. jako konzervační nátěry (u parních kotlů)
6. jako leštících prostředků při výrobě střelného prachu

K mazání se hodí všechny druhy grafitu, na druhu závisí samozřejmě možnost použití. Grafit slouží také jako mazací a těsnící prostředek, např. jako příměs ve voskovitých těsnících hmotách k těsnění ucpávkových přírub. Význam má také použití grafitu jako kluzné vrstvy při mazání listů automobilových a vagónových per. [2]

5.4. Tužkárenský průmysl

V 17. století se grafit začal používat v tužkárenství, přestože byl znám již dávno ve starověku.

5.4.1. Výroba tužek

Každá tuha má obsahovat barevné, přilnavé (adhezivní) a vazné součásti. Tuha grafitových tužek obsahuje jako barvenou součást grafit, který je zároveň přilnavou součástí. Vaznou součástí bývá jíl, který získá pozdějším vypalováním potřebnou pevnost.

Grafitová tuha se vyrábí z hodnotných krystalických grafitových materiálů, např. z grafitu cejlonského, zbaveného rostlých nečistot. Druhá složka, jíl, se zpracovává plavením, aby se vyčistila a aby získala potřebnou jemnost. Tyto dvě složky se pak smísí ve zvolených poměrech, určující stupeň tvrdosti, s vodou a dávají řídkou pastu, která se nakonec mele v bateriích tzv. „českých mlýnů“, nepřetržitě několik týdnů. Tímto dlouhým a šetrným mletím se sleduje nejen dosažení požadovaného stupně jemnosti, ale především zachování krystalické struktury grafitu, která hlavně přispívá k velké skluznosti a přilnavosti tuhy na papír a k dosažení dokonale sazově černé čáry s ostře ohraničenými okraji.

Čím jemnější je směs, tím větší je předpoklad, že tuhy budou trvanlivější a dokonale stejnorodé. Po mletí se tuhová hmota z mlecích běhounů stírá, odvodňuje na filtračních kalolisech, suší, hněte a důkladně promíchává. Takto připravená tuhová hmota se pak lisuje do ocelových válců, z nichž vychází malým otvorem ve dnu ve tvaru dlouhých tenkých pramenů.

Potom teprve se tuhová hmota vkládá do lisů, ze kterých vychází ve tvaru útlých poddajných vláken. Další operací je důkladné sušení tuh v sušárnách vytápěných párou a konečně jejich řezání na určitou délku. Dále se tuhy vypalují v ohnivzdorných, hermeticky uzavřených kelímcích na teplotu bílého žáru.

Poslední fází ve výrobě tuhy je její máčení v ponorných lázních různých vosků a tuků, které zaplní její póry a způsobují, že píše měkce a hladce.

Vyrobená tuha se zasazuje obvykle do dřeva. Nejvhodnější je červený cedr. Používá se také olše, lípa a smrk. Konečnou úpravou tužky je nabarvení, vyražení značky, firmy, čísla, stupně tvrdosti a pokrytí průhledným lakem. [2]

5.5. Jaderná energetika

Grafit slouží v jaderných reaktorech jako tzv. moderátor, reflektor a jako stínicí vrstva před účinkem neutronů, někdy i jako výměník tepla.

Neutronový reflektor působí jako zrcadlo; a tak jako zrcadlo zachycuje a odráží světelné paprsky, tak i reflektor zachycuje neutrony z grafitu a vrhá je zpět. Srovnání reflektorů u neutronů se zrcadlem není ovšem zcela přiléhavé, protože reflektorem prochází ještě jistý podíl neutronů, ale vcelku vystihuje podstatu neflekčních účinků grafitu.

Vlastnost grafitu odrážet neutrony je pro hospodárny provoz reaktorů velmi důležitá. Neutrony vystřelují ze štěpících se jader jaderného paliva na všechny strany. Proto štěpící se jádra atomů, která jsou ve vnější sféře jádra reaktoru, vyzařují nejen dovnitř, kde napomáhají dalšímu štěpení, ale i ven, čímž vnika ztráta energie. Aby tato ztráta byla co nejmenší, k tomu slouží grafitové reflektory, které kromě toho chrání i okolí reaktorů před nebezpečným zářením. Aby ochrana před zářením byla co nejdokonalejší, obklopuje se reflektor ještě dalším stínícím pláštěm z grafitu, který obsahuje bór, kadmium nebo i další prvky, které mají vůči neutronům velkou absorpční schopnost, takže zabrzdí a úplně zadrží neutrony pronikající grafitovým reflektorem. Vlastnost grafitu stínit podmiňuje i jeho další využití ve funkci moderátoru.

Výraz moderátor lze přeložit jako zpomalovač či zmírňovač. Úkolem moderátoru není zcela zastavit letící neutrony, což není teoreticky ani možné, ale jejich rychlost zmírnit, zpomalit na míru, žádoucí pro udržení řízené jaderné reakce.

Moderátory musí splňovat dvě podmínky; předně musí počet atomů, z nichž se skládá moderátor, souhlasit zhruba s počtem neutronů a dále nesmí moderátor neutrony pohlcovat. Kromě grafitu je častým moderátorem těžká voda, která sice předčí po některých stránkách grafit, avšak její výroba je dražší a obtížnější. Aby grafit mohl sloužit jako moderátor, lisuje se do tvaru cihel a výlisků, v nichž jsou vylišovány nebo vyvrtány otvory pro tyče jaderného paliva, pro kontrolní tyče z kadmia a pro měřicí zařízení. Spotřeba grafitu v reaktorech je veliká.

Aby grafit mohl sloužit k účelům jaderné energetiky, musí být takřka absolutně čistý, to znamená, že musí obsahovat skoro 100% uhlíku.

Pro jaderné grafity se vyžaduje co největší hustota. V tomto směru má převahu přírodní grafit nad umělých. Se stoupající teplotou roste pevnost výlisků z jaderného grafitu, což je velmi žádoucí vlastností v reaktoru. Jeho tepelná vodivost se však zároveň zmenšuje, což je nežádoucí právě tak, jako změna elektrického odporu. [2]

5.6. Ostatní druhy použití grafitu

Oblast využívání grafitu v průmyslu je velmi široká. Asi 40% grafitové produkce spotřebuje průmysl železa a oceli, asi 30% slouží k výrobě tavících kelímků a asi 10% se spotřebuje v elektrotechnickém průmyslu k výrobě elektrod a různých výlisků.

O zbytek se dělí výroba suchých baterií, tužkárny, výroba laků a barev, výroba mazadel, chemických aparatur, stavba reaktorů apod.

Značné použití má grafit při barvení skla, např. k dosažení zlatě hnědého zbarvení nebo k přípravě ohnivzdorných glazur na plechy. Do tohoto oboru patří také použití grafitu jako stálého plnícího pigmentu pro fólie z umělých hmot a výstelky v chemických přístrojích.

Dalším důležitým oborem použití grafitu jsou konzervační prostředky na kotle. Uvnitř kotle se nanáší grafitový nátěr jako ochrana proti korozi.

Jako další příklad uplatnění grafitu je možno uvést jeho použití jako plnidla při výrobě umělých hmot. Rozsah používání grafitu se stále zvětšuje. [2]

6. Těžba grafitu

Ložiska grafitu vznikají při přeměně usazených hornin ze zbytků organických látek a tvoří vrstvy nebo čočkovitá tělesa v rulách, svorech, fylitech nebo mramorech. Grafit může být také magmatického původu - nalézá se v pegmatitech.

6.1. Historie těžby

Grafit neboli tuhu znali lidé jistě již před dobou železnou, ale s určitostí lze určit, že grafit používali lidé poprvé právě v této době, tedy v letech 800 až 500 před naším letopočtem. Nejznámější jsou nálezy keramiky s příměsí až 50% tuhy na Českokrumlovsku. První historicky doložená zmínka o těžbě grafitu v oblasti Šumavy pochází z roku 1250. Začátkem 16. století byly použity ohnivzdorné kelímky z pasovského grafitu.

Nejprve se grafit dobýval primitivně povrchovými pracemi a mazaly se jím vozy. Avšak roku 1811 byl grafit prohlášen za vyhrazený nerost, jehož dobývání se muselo řídit báňskými předpisy a zákony. Tímto rokem také končí neodborná těžba tuhových ložisek a začíná dobývání grafitu hornickým způsobem.

Na Moravě byl vývoj využití grafitových ložisek podobný jako v Čechách.

V první etapě byla tuha těžena mělkými šachtičkami z oxidačních zón. Toto období začíná koncem 18. století a končí v polovině 19. století. Těžaři, většinou vlastníci pozemků zakládali svislé jámy v nadloží sloje tak, aby zastihli ložisko v hloubce kolem 25 m, což představovalo konečnou hloubku jámy.

Rubaninu uvolňovali ručně a přímo na porubu ji pomocí sít třídili. Hlušinu zakládali do vyrubaných prostor. Projevy tohoto dobývání jsou patrné na všech dnes těžených ložiscích grafitu.

V roce 1828 nastává velký rozkvět. Těžba grafitu se rozšířila především v letech 1835-1840 a to nejenom v Malém Vrbně, ale i v Branné. Do roku 1869 se vytěžená grafitová surovina zpracovávala pouze přeléváním a přeplavováním v kádích a klimaticky se sušila.

V roce 1869 byly na obou lokalitách postaveny úpravní, které pracovaly tak, že se ručně míchala grafitová surovina ve zvláštních kádích a přepad se jako grafitový rmut usazoval v sedimentačních jímkách, které pak byly pozvolna odvodňovány, vysušovány, vybírány a vybraný materiál byl klimaticky dosušován. Ročně se na obou úpravkách vyrobilo 5-6

kilotun grafitu. Takto získaná tuha byla formanskými vozy dopravována do sléváren v tuzemsku, ale i do ciziny.

Od poloviny 19. století přechází těžební režim na ražení štol z nejnižších míst výchozů ložiska. [8]



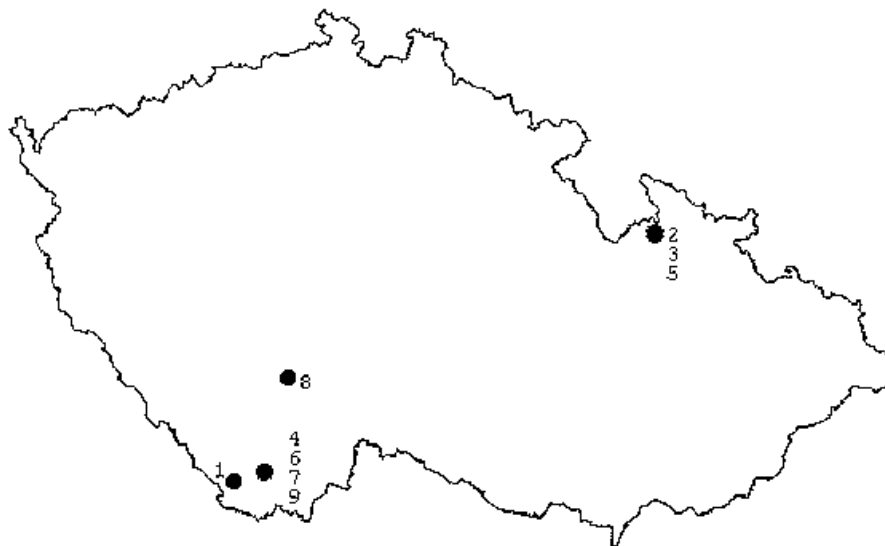
Obrázek č. 6: Lom Konstantin



Obr. č.7: Lom Konstantin: grafitová ruda

5.2. Současnost těžby u nás a ve světě

Na znázorněné mapě České republiky v obrázku číslo 8 lze vidět evidovaná ložiska grafitu. V tabulce číslo 2 se uvádí názvy ložisek a také v jakém stavu se zde grafit vyskytuje.



Obrázek č. 8: Evidovaná ložiska grafitu v ČR

Tabulka č. 2: Evidovaná ložiska grafitu v ČR [5]

Grafit amorfní:	Grafit krystalický:	Grafit smíšený:
1 Bližná	6 Český Krumlov -Městský vrch	9 Spolí
2 Velké Vrbno -Konstantin	7 Lazec	
3 Branná-Medvědí důl	8 Koloděje n. Luž.-Hosty	
4 Český Krumlov -Rybářská ul.		
5 Velké Vrbno (7 ložisek)		

6.2.1. Naleziště grafitu v Česku a ve světě

Grafit je možno nalézt v České republice v lokalitách jako například Český Krumlov, Bližná, Velké Tresné, Staré město pod Sněžníkem, Černá v Pošumaví. Všechna ložiska grafitu v ČR patří k metamorfogennímu genetickému typu. Vznikla při regionální metamorfóze jílovotopísčitých sedimentů s vyšším obsahem biogenního materiálu, což je

patrné ze zvýšeného obsahu síry, fosforu, a časté přítomnosti vápenců. Vyskytují se v Českém masivu a to v jihočeském moldanubiku, v moraviku a v silesiku.

Nejvýznamnější ložiska se nacházejí v moldanubiku, zejména v pestré skupině českokrumlovské (těžená ložiska Český Krumlov-Městský vrch, Lazec, netěžená Bližná, Spolí, Český Krumlov-Rybářská ulice), pestrá skupina sušicko-votická je s výskytem jediného ověřeného (netěženého) ložiska Koloděje nad Lužnicí-Hosty méně významná a v pestrém pásmu chýnovských svorů je popsán pouze výskyt u Černovic, který nemá ložiskový význam. Jihočeské grafitové suroviny mají povahu grafitem bohatých rul, kvarcitů nebo karbonátů.

Ložiska moravskoslezské oblasti se vyskytují v oblasti postižené nižším stupněm metamorfózy. Grafit má nižší stupeň krystalinity a obsahuje podstatně více síry, která je vázána na pyrit, případně pyrhotin. Pro celou oblast je charakteristické, že polohy grafitu ve vápencích obsahují více spalitelných látek a méně síry než polohy v grafitických břidlicích a fylitech. Za největší ložisko v moraviku je považováno ložisko Velké Tresné, na kterém byla ukončena těžba v roce 1966. Nachází se v olešnické skupině svratecké klenby v silesiku a nejvýznamnějším je ložiskem Velké Vrbno-Konstantin (viz obrázek č. 6 a obrázek č. 7), které tvoří součást grafitového pásma na západním obvodu velkovrbenské klenby.

Ze světa lze uvést ložiska jako například Německo (Pasov, pohoří Harz), USA (Alabama, New York, New Jerezy), Rusko (tunguzská oblast na Sibiři), Kanada (Provincie Québec), Srí Lanka, Madagaskar a další. [9]

7. Nanometariály na bázi uhlíku

Karbonové vlákno je nejvíce známé při použití na vysokovýkonových vozidlech, sportovním vybavení a jiných náročných mechanických aplikacích. Vlákno také najde použití pro svou vysokou odolnost proti korozi.

Setkat se tak s karbonovými díly můžeme nejčastěji v automobilovém, leteckém, lodním a železničním průmyslu. Právě díky svým vynikajícím užitným vlastnostem se tento materiál stal jedinečným i pro sportovní a rekreační účely.

Dnes se z karbonových vláken nejčastěji vyrábí např. tenisové rakety nebo hokejové hole. Karbon nachází uplatnění významně při výrobě silničních a horských kol. Téměř každý zásadní díl kola jakou např. rámy, sedlovky, řídítka a větvení se dnes vyrábí z karbonových vláken především díky svým skvělým mechanickým vlastnostem a možnostem redukce váhy. Zvláštností není ani užití pro některé smyčcové nástroje, jako jsou housle a čela, jako alternativa k obvyklejším dřevěným materiálům.

V současnosti se očekává, že se nanotechnologie stane jednou z hlavních vědních oborů budoucnosti. 21. století je nazýváno stoletím uhlíku a to v souvislosti s nanotechnologiemi především fullerenů.

Fullereny představují sférické molekuly, složené z 5-ti a 6-ti členných kruhů atomů uhlíku. Významnou modifikací fullerenů jsou uhlíkaté nanotrubičky. Jsou podobné struktury jako fullereny, pouze tvar molekul je místo koule válcovitý.

Jak fullereny, tak i fullerity a fulleridy jsou obrovským příslibem pro rozvoj nanotechnologií. Na jejich základě je možné vytvořit nejpevnější materiál, jaký kdy existoval, který bude 100 krát pevnější než ocel, ale jeho hmotnost bude nepatrná. Je nepochybné, že tyto superpevné a superlehké materiály výrazně zasáhnou do všech oborů nanotechnologií, neobejde se bez nich automobilový průmysl, letectví, stavebnictví, medicína atd. [9]

7.1. Mezníky v dějinách nanotechnologie

Nanotechnologie je sice obor 21. století, ale zase tak nový není. Poprvé myšlenku použití miniaturních částic, tedy molekul a atomů, představil již v padesátých letech americký fyzik, oceněný Nobelovou cenou, Richard Feynman. Pro představu jsou v další kapitole uvedeny mezníky v dějinách nanotechnologie a také tabulka číslo 3, kde jsou uvedeny rozměry v nanometrech.

- cca rok 400 před Kristem - Démokritos použil slovo "atomos", což starořecky znamená "nedělitelný"
- 1905 – Albert Einstein publikoval práci, v níž stanovil průměr molekuly cukru na cca 1 nanometr
- 1931 - Max Knoll a Ernst Ruska vyvinuli elektronový mikroskop, umožňující zobrazit objekty menší než 1 nanometr
- 1959 - Richard Feynman pronáší slavnou větu "Tam dole je hodně místa" (There is A Plenty of Room at the Bottom), čímž myslel tu skutečnost, že struktura hmoty a předmětů ve velmi malých rozměrech nebyla dosud pořádně zkoumána Feynmanova přednáška se stala významným mezníkem a také katalyzátorem v bádání v nanotechnologiích
- 1968 - Alfred Y. Cho a John Arthur z Bell Laboratories vynalezli pomocí molekulových svazků epitaxi
- 1974 - Norio Tamaguči navrhl používání termínu nanotechnologie pro obrábění s tolerancí menší než 1 nm
- 1981 - Gerd Binnig a Heinrich Rohrer vytvořili skenující tunelový mikroskop, který může zobrazit i jednotlivý atom
- 1985 - Robert F. Curl, Harold W. Kroto a Richard E. Smalley objevili tzv. buckminsterfullereny C₆₀ (fullereny), což jsou molekuly uhlíku o rozměrech kolem 1 mikrometru

- 1989 - Donald M. Eigler z firmy IBM napsal pomocí jednotlivých atomů xenonu jméno této společnosti
- 1991 - Sumio Iijima z firmy NEC sestrojil uhlíkové nanotrubic
- 1993 - W. Robinett a R. Stanley Williams sestavili program či spíše virtuální realitu, která ve spojení se skenujícím tunelovým mikroskopem umožňuje prohlížet si jednotlivé atomy hmoty, dotýkat se jich a manipulovat s nimi
- 1998 - Skupina kolem C. Dekkera z univerzity v Delftu v Nizozemsku sestrojila z uhlíkových nanotrubic tranzistor
- 1999 - James M. Tour a Mark A. Reed předvedli, že jednotlivá molekula může fungovat jako molekulový přepínač
- 2000 - Clintonova vláda v USA vyhlásila tzv. "nanotechnologickou iniciativu", která jednak finančně podpořila nanotechnologický výzkum a vývoj ve Spojených státech, jednak uvedla tento obor v širší i známost už i v laické veřejnosti. Ve stejném roce navrhl Eigler a další odborníci kvantovou fatu morganu: magnetický atom umístěný do jednoho ohniska elipsy vytvořené řetězem atomů vyvolá fatu morganu téhož atomu ve druhém ohnisku.
- 2002 - Výzkumný tým Hewlett-Packard představil první molekulární paměť na světě, ve které jsou informace zapisovány do jednotlivých molekul čipu. Paměťový čip představuje převrat v oblasti elektroniky. Otvírá se tak cesta například k několikanásobnému zvýšení kapacity mozku člověka elektronickou cestou.
- 2003 - Společnost IBM vyrobila první uhlíkový světelný zdroj, miniaturní baterku v podobě trubičky 50 000krát tenčí než lidský vlas. Může sloužit například v medicíně jako zdroj světla pro mikroroboty. [9]

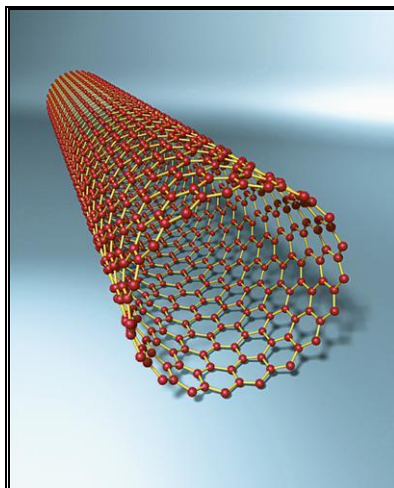
Tabulka č. 3: Rozměry z nanosvěta [9]

Nano - miliardtina čili 10^{-9}	
Průměr dvojité šroubovice DNA	1 nm (nanometr)
Molekula bílkoviny	10 nm
Virus	100 nm
Bakterie	1000 nm
Červená krvinka člověka	5000 nm
Prvok krásnoočko zelené	50 000 nm

7.2. Grafitové nanotrubky a nanostroje

Základní princip je velice prostý. Jedná se vlastně o výrobu principiálně stejných elektronických součástek, strojků, plošných spojů a tak dále, jenže k této výrobě jsou použity nejmenší částice, které jsou takovou úlohu schopny splnit, a to molekuly či atomy. Postavit kupříkladu převodovku, takový jednoduchý stroj, z atomů, to už jednoduché není, ale není to ani nemožné. Vědcům se podařilo vyrobit první nanostroje, jako jsou ložiska, osy, motorky, lasery, čočky.

K výrobě nanostrojů se používá zařízení nazývané Scanning Probe Microscope (SPM). Byl vyvinut v laboratořích IBM již roku 1981, a o pět let později za něj vědci obdrželi Nobelovu cenu. Původně sloužil tento přístroj k pozorování povrchů atomů a byl jím také poprvé pozorován jednotlivý atom. SPM pracuje na principu zaznamenávání proudu mezi částicemi, když se jeho jehla, s hrotem tlustým právě jeden atom, přiblíží k atomu, který pozorujeme. Tento mikroskop lze tedy použít na detailní prozkoumání povrchu, většinou jen první vrstvy atomů tohoto povrchu, ale i k umísťování jednotlivých atomů na předem zvolené místo. Takto lze sestavovat nejmenší elektronické součástky na světě, třeba tranzistor jen ze dvou molekul a podobně, ale i mechanické strojky, pera, ložiska, motorky, atd. [10] Sestrojená nanotrubky je znázorněna na obrázku č. 9.



Obrázek č. 9: Nanotrubka [10]

7.3. Grafitová nanovlákná

Českému výzkumnému týmu z Fakulty netkaných textilií Technické univerzity v Liberci se podařilo ve spolupráci se soukromou společností ELMARCO jako prvním na světě vyvinout funkční prototyp stroje použitelného pro průmyslovou výrobu nanovláknenných textilií a sestavit stroj, který dokáže v průmyslovém měřítku vyrábět to, co bylo doposud možné pouze v laboratořích a malém množství – netkané nanovláknenné textilie.

Vývojový tým liberecké Katedry netkaných textilií, se zaměřil na zvlákňování polymerů a v poměrně krátké době vyvinul funkční laboratorní model zvlákňovacího stroje, jehož produkční varianta byla následně sestavena specialisty ze společnosti ELMARCO. Technologie Nanospider je založena na principu zvlákňování v silném elektrickém poli. Tímto speciálním postupem, který se nazývá elektrospinning, vznikají vlákna tak malého průměru, že je není možné pozorovat ani sebesilnějším světelným mikroskopem - lze je zobrazit pouze elektronovým

Detaily výrobního postupu samozřejmě univerzita i výrobce stroje z pochopitelných důvodů pečlivě tají a hodlá je zveřejnit až po oficiálním představení stroje na dvou významných veletrzích, které proběhnou ve druhém čtvrtletí roku 2009 v Ženevě a Frankfurtu nad Mohanem. I při nedávné mikroskopem. Výroba nanovláknenné textilie

pomocí technologie Nanospider je založena na zvlákňování vodných roztoků polymerů bez použití chemických rozpouštědel, což odpovídá požadavkům ekologů na ochranu životního prostředí. V první prezentaci stroje byly veškeré části stroje, až na jednu výjimku, pečlivě zakrytovány a platil přísný zákaz vstupu do označeného prostoru. Ten však byl zdůvodňován tím, že se jedná o elektrické zařízení využívající vysoké napětí.

Laik si může jen těžko představit všechny možnosti využití nanovláknenných textilií, protože spektrum jejich využitelnosti je opravdu široké a již dnes existuje celá řada aplikací, kde je možné nanovláknennou technologii využít. Mnoho možností využití nanovláken v běžné praxi ale na své objevení ještě stále čeká.

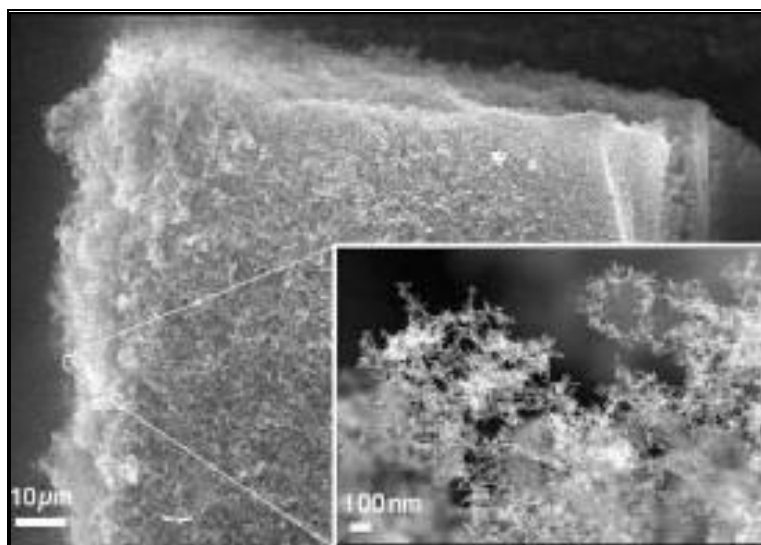
Nanovláknenné textilie též vykazují výborné absorpční schopnosti zvuku ve slyšitelném spektru, tzn. velmi dobře pohlcují zvuky. Díky těmto vlastnostem pravděpodobně najdou široké využití při odhlučňování interiérů v automobilovém, leteckém a stavebním průmyslu. Vynikající mechanické vlastnosti materiálu z nanovláken v poměru k jeho váze nabízí také potenciální využití nanovláken pro výrobu kompozitů (materiály, vzniklé umělým složením různých materiálů). Průměry nanovláken jsou výrazně menší než vlnová délka světla, z čehož vyplývá, že nanokompozitní materiály se stanou transparentními, tj. budou průhledné – lidskému oku neviditelné. Kompozity z karbonových nanovláken mohou v budoucnu představovat supermateriály s dosud nepřekonanými pevnostními charakteristikami. Pozitivní výsledky počátečních testů karbonizace nanovláken pak otevírají další možnosti jejich využití jako katalyzátorů. [10]

7.4. Nanopěna

Nejnovější a doposud poslední známou formou uhlíku jsou uhlíkaté nanopěny. Vědci z Canberské univerzity bombardovali cíl ze sklovitého uhlíku umístěný v trubce z oxidu křemičitého vyplněné argonovou atmosférou laserem s frekvencí 10 tisíc pulzů za vteřinu. Když dosáhl teploty kolem 10 tisíc °C (To už byl v plynném stavu – teplota vypařování grafitu je 3500 °C) začal se usazovat na stěnách trubky a vytvořil křížící se síť uhlíkových trubiček dlouhých pouze několik nanometrů, kterou vědci nazvali nanopěnou.

Makroskopicky se nanopěna podobá šupinkám grafitu a pod světelným mikroskopem vypadá jako houba. Neobvyklou vlastností uhlíkaté pěny je její magnetismus. Na rozdíl od ostatních forem uhlíku, jako je grafit a diamant, čerstvě vyrobená uhlíkatá nanopěna je feromagnetická, tedy při pokojové teplotě je přitahována permanentním magnetem. Snímek nanopěny pořízený elektronovým mikroskopem je znázorněn na obrázku č. 10.

Uhlíkaté nanopěny je možné využít například v medicíně, vstříknutím nanopěny do krevního oběhu by se dosáhlo zvýraznění míst kudy proudí krev při magnetické rezonanci. [10]



Obrázek č. 10: Snímek nanopěny pořízený elektronovým mikroskopem [10]

8. Recyklace grafitu a možnosti náhrady

V hlavních oborech užití (žáruvzdorné materiály, brzdová obložení, slévárenství, maziva) není recyklace možná. Výjimkou nevelkého významu je recyklace uhlíkových elektrod.

Přírodní grafit se nahrazuje umělým ve slévárenství (umělé saze, resp. petrolejový koks ve směsi s olivínem nebo staurolitem), jako maziva se místo grafitu používá lithium, slída, mastek a molybdenit. Ve výrobě oceli je grafit nahrazován kalcinovaným petrolejovým koksem, antracitem, použitými uhlíkovými elektrodami a magnezitem. Všechny náhrady mají však jen omezený význam. [10]

9. Závěr

Má bakalářská práce je zaměřena na základní vlastnosti grafitu a jeho dobývání. Mezi nejdůležitější témata, kterým jsem věnovala pozornost, patří získávání grafitu, jeho metody získávání v moderních technologiích a těžba grafitu. Zaměřila jsem se také na vědu, která představuje oblast zabývající se přípravou materiálů a zařízení na atomární úrovni – nanotechnologii a s tím spojenými nanomateriály.

Grafit byl s největší pravděpodobností poprvé použit v době železné, tedy asi v letech 800 až 500 před n. l., kde sloužil při výrobě nádob. Ale lze předpokládat, že jej znali již primitivní lidé, kteří poznali, že lze grafit použít ke kreslení na světlý podklad. První historicky doložená zmínka o těžbě grafitu v oblasti Šumavy pochází z roku 1250, kdy obyvatelé místního města odváděli grafit jako daň své vrchnosti. Tehdy se ještě předpokládalo, že grafit obsahuje olovo či molybden, až později provedené zkoušky prokázaly, že grafit neobsahuje olovo, molybden ani křemík a není příbuzný se slídou. O využití grafitu v průmyslu na území ČSSR informují první záznamy ze šedesátých let 18. století. Grafit se nejprve dobýval primitivně povrchovými pracemi, až později se jeho dobývání muselo řídit báňskými předpisy a zákony a začalo dobývání grafitu po hornickém způsobu. Těžba grafitu se dále rozvíjela hlavně pro jeho stále rostoucí spotřebu v tužkárnách a slévárnách. Těžba přírodního grafitu však nestačila pro všechny účely a koncem 19. století se objevil uměle vyráběný grafit.

V poslední době je stále více pozornosti věnováno tzv. uhlíkovým nanomateriálům jako například nanotrubky, nanovlákná a nanopěny. Lze očekávat, že tyto materiály najdou další oblasti použití, jelikož mimořádné vlastnosti uhlíkových materiálů způsobují jejich nenahraditelnost v mnoha výrobních odvětvích, jako elektrochemie a elektrometalurgie. Avšak také grafit má svou slabinu a tou je, že není odolný v silně oxidačních prostředích. Tato mezera by možná v budoucnu mohla být zaplněna jeho impregnací či různými povlaky.

10. Seznam literatury

- [1] Neiser, J., Vidlák J. Vyd. 1., Praha, Vločkový grafit z polétavého prachu hutních provozů. 1985.
- [2] Formánek, J., Křížek, J., Štěpán, K. Vyd. 1., Praha, Grafit-jeho těžba, úprava a použití v průmyslu. 1963.
- [3] Legendre, A. Vyd. 1., Praha, Uhlíkové materiály, od černé keramiky k uhlíkovým vláknům. 2001. ISBN 80-86073-82-3.
- [4] Webová encyklopedie [online]. Dostupné na
<<http://encyklopedie.seznam.cz/heslo/13611-grafit>>
- [5] Studijní opora. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav materiálových věd a inženýrství [online]. Dostupné na
WWW:<http://ime.fme.vutbr.cz/files/Studijni%20opory/savgl/index.php?chapter=1>>
- [6] Grafitové doly Staré Město, a.s., [online]. Dostupné na WWW: <
http://www.grafitovedoly.cz/130_historie.htm>
- [7] Montynya.org zkráceno z [grafitovedoly.cz](http://www.grafitovedoly.cz). Dostupné na
WWW:http://www.montanya.org/DOLY/GRAFIT/STARE_MESTO/HIST.htm
- [8] Wikipedia. Dostupné na WWW:<http://cs.wikipedia.org/wiki/Grafit>
- [9] Časopis. Dostupné na WWW:
<<http://www.21stoleti.cz/view.php?cislocclanku=2003062018>>
- [10] Databáze obrázků. Dostupné na WWW :
<<http://images.google.cz/imgres?imgurl=http://uhlik.navajo.cz>>